



मनोहरकारची प्रकाशन



कौम्युनिकेशन किंवा संगणक हा शब्द मोजणे किंवा गणना करणे यापासून आहा आहे हे जाग कोणता आठवणार देखील नाही. साध्या गणिती किंवा करण्यापासून ते आज संपूर्ण जगाची काणार्थ संपर्क साधण्यार्थीत आणि ही ती माहिती नियमितीचा अवलोकन करण्यार्थीत या अत्याधुनिक यंत्राची प्रगती कधी होत गेली आणि त्यातील महत्वाचे टप्पे पास करण्यावे काय किंवा कठीण होते हे असिमोंक आपल्याता या पुस्तकात उताराऱ्ऱ दाढवतात. मोठ्या खोलीत पसरलेल्या अवाळव्यायामात ते आजच्या खिळात मावणाऱ्या संगणकापर्यंतचा हा प्रवास विस्मयकारी आहे. हा मानव आणि यंत्र योन्यातील सापना नसून एकमेकांना पूरक पद्धतीने याचा बापर करा हितकारी ठरेल ते असिमोंव्ह यात अधोरोडित करतात.



शोधांच्या कथा

# संगणक

आयझॅक आसिमोंव्ह



अनुवाद-सुजाता गोडबोले

शोधांच्या कथा

## संगणक

आयझॅक आसिमॉह  
अनुवाद : सुजाता गोडबोले



## अनुक्रमणिका

Shodhanchya Kaithe - Sanganak  
शोधांच्या कात्था - संगानक

प्रकाशक | अनविदि अनुद्यान प्राटकर  
मनोविज्ञान प्रकाशन, सद्विक्षा क्र. ३/अ, बीमा मंजला, शक्ती टावरमध्ये,  
दृष्टि, नाशकन पेठ, नू. म. वि. सुमोरील गल्ली, पुणे - ४११०३०.  
दूरध्वनी : ०२०-६५२६२९५०  
Website : [www.manovikasprakashan.com](http://www.manovikasprakashan.com)  
Email : [manovikaspublishing@gmail.com](mailto:manovikaspublishing@gmail.com)

० हक्क सुधिते

मुख्यपृष्ठ | गिरीश सहस्रबुद्धे असरजुळणी | गणराज उद्योग, पुणे.  
मुद्रक | आतावी एन्ट्रायोबेस, पुणे. प्रकाशनवृत्ती | १५ जून २०१२  
ISBN : 978-93-81636-80-4

मूल्य | रुपये ३५

१	अॅबॅक्स व स्लाइड रुल्स-५
२	दातेरी चक्रे आणि भोकाची कार्ड-१५
३	द्विजांकी आकडे व बटणे-२८
४	ट्यूब आणि ट्रान्झिस्टर-३८
५	चिप्स आणि मायक्रोचिप्स-४५

## १ | अँबेंक्स व स्लाइड रुल्स



हाताच्या बोटांवर मोजणे

आपण जेव्हा प्रथम शाळेत जाऊ लागलो. तेव्हा आपण १, २, ३, ४, ५, ६ ... असे आकडे मोजायला व लिहायला शिकलो.

त्यानंतर आपण बेरीज-वजाबाकी करायला शिकलो.  $3+4 = 7$ , आणि  $5-4 = 1$  वगैरेही शिकलो. या बेरीज-वजाबाक्या आपल्याला पाठ करायच्या होत्या, पण कधीकधी आपण त्या पाठ केल्या नाहीत. विसरल्यावर आपण काय केले? काही जणानी बोटांवर ते हिशेब केले.

$3+4$  म्हणजे काय? १, २, ३ असे म्हणत आपण एकामागून एक अशी तीन बोटे मोजू, मग आपण आणखी चार बोटे वर करू. त्यानंतर १, २ असे म्हणतानाच एका हातावरची बोटे संपून जातील. ३, ४ म्हणताना आपण दुसऱ्या हाताची दोन बोटे मोजू. आता आपल्या हाताकडे पाहिले, तर एका हाताची सर्व बोटे व दुसऱ्या हाताची दोन बोटे वर केलेली दिसतील. वर केलेली सर्व बोटे मोजली की ती सात होतील. त्यावरून आपल्याला समजेल, की  $3+4 = 7$ .

आता  $5-4$  म्हणजे काय? १, २, ३, ४, ५ असे म्हणत आपण पाच बोटे वर करून मोजू. नंतर आपण त्यापैकी चार बोटे खाली वळवू. आणि १, २, ३, ४ असे परत मोजू, मग एकच बोट वर राहिले असेल. म्हणून  $5-4 = 1$ .

बेरीज, वजाबाकी आणि आकड्यांशी संबंधित इतर हिशेब करतात, त्या प्रक्रियेचे वर्णन करण्याता इंग्रजीत 'कॉम्प्यूट' असे क्रियापद वापरतात. मोजणे या अर्थाचाच हा एक शब्द आहे. बेरीज किंवा वजाबाकी करताना उत्तर मिळवण्यासाठी आपण मोजतो.

गणती करतो, मोजण्यासाठी ज्याचा उपयोग होतो त्याला म्हणतात कॉम्प्युटर, मराठीत आपण 'कॉम्प्युटर' या शब्दासाठी 'संगणक' असा शब्द वापरतो, त्याचाही अर्थ गणना करणारा, असाच आहे.

अर्थात, आपला मेंदू हाच सर्वांत पहिला संगणक आहे, कारण बेरजा-वजाबाबद्या आपण मनातल्या मनातही करू शकतो. परंतु उत्तर मिळवण्यासाठी मेंदूला ज्या साधनांची मदत होते, त्यांच्यासाठीच आपण हा शब्द वापरतो, म्हणजे आपली बोटे हा झाला पहिला संगणक.

आपल्याला फक्त दहाच बोटे असतात, ही यातली एक मोठीच अडचण आहे. समजा, ८+७ असे गणित करायचे असेल तर? प्रथम आठ आकडे मोजून आपण आठ बोटे वापरू व नंतर आणखी सात आकडे मोजण्यास सुरुवात केल्यावर तक्षात येईल, की आपल्याकडे फक्त दोनच बोटे शिल्तक आहेत; मग काय करणार?

कदाचित तुम्ही बूट-मोजे काढाल, दोन आकडे मोजून उरलेली दोन बोटे संपल्यावर पायाची बोटे मोजायला सुरुवात करता येईल व ३, ४, ५, ६, ७ असे मोजता येईल, तोपर्यंत दोन्ही हाताची बोटे व पायाची पाच बोटे मोजून संपली असतील. म्हणजेच सर्व मिळून पंथरा होतील. आता आपण म्हणू ८+७ = १५

आकडे मोजण्यासाठी असे बूट-मोजे काढावे लागणे त्रासदायकच आहे, दुसरा एक मार्ग म्हणजे, एखाद्या मित्राला बोटे घालायला सांगायचे, पण तेही तसे गैरसोयीचेच आहे. एखादे वेळेस मित्र तेथे नसेल किंवा तो दुसऱ्या कामात गुंतला असेल.

त्यापेक्षा एकदा आठ बोटे मोजल्यावर त्यात आणखी सात मिळवण्यासाठी दोन बोटे वापरल्यावर आपली दहा बोटे संपली, की एका कागदावर दहा लिहून ठेवायचे आणि त्यांतर आपली बोटे परत ३, ४, ५, ६, ७ अशी मोजायची, अगोदर लिहून ठवलेली दहा

आणि आताची पाच मिळून होतील पंथरा.

आपल्याकडे दहाच बोटे आहेत तर ती मोजायचीच कशाला? त्याएवजी खडे मोजले तर? अर्थात, बोटे नेहमीच आपल्याबरोबर असतात, खडे मात्र जमवावे लागतील. अर्थात, एकदा खडे गोळा बेळें की ताहानशा पिशाचीच घालून ती पिशाची सगळीकडे आपल्याबरोबर घेऊन जाता येईल. आपल्याला हवे तोवढे, शेकडी खडे आपण गोळा करू शकतो.

खड्यांचा उपयोग करून २५४ आणि १२७ ही बेरीज आपण करू शकतो. पहिल्यांदा मोजून २५४ खड्यांचा एक गष्टा करायचा. नंतर १२७ खड्यांचा दुसरा एक गष्टा करायचा. मग दोन्ही गष्टे एकत्र करून ते परत मोजायचे. ते ३८१ असतील, म्हणून २५४ + १२७= ३८१.

तेंटिन भाषेत खड्यांना म्हणतात कॅल्क्युलेट. म्हणून आपण एखादा अंकगणिताचा प्रश्न सोडवण्यास म्हणतो कॅल्क्युलेट. कॅल्क्युलेट आणि कॉम्प्युट या दोन्ही शब्दांचा अर्थ एकच आहे; पण आजकात आकडेमोड करण्यासाठी आपण जी साधने वापरतो त्यांना आपण 'कॅल्क्युलेट' असे म्हणतो. त्यापेक्षा अधिक गुंतागुंतीच्या साधनांना आपण 'कॉम्प्युटर' म्हणतो.

अर्थात, एवढे सगळे खडे मोजत बसणे तसे कंटाळवाणेच आहे. यावर काही सोया उपाय नाही का? खड्यांना जर रंग दिला तर? समजा, लाल खडा म्हणजे १००, पांढरा खडा म्हणजे १० आणि निळा खडा म्हणजे १ असे ठरवले, तर २५४ साठी आपण २ लाल खडे, ५ पांढरे व ४ निळे खडे एकत्र गष्टा करून ठेवू, १२७ साठी असेच आपण १ लाल, २ पांढरे व ७ निळे खडे घेऊ. दोन्ही गठ्यात मिळून ३ लाल, ७ पांढरे व ११ निळे खडे असतील. यापेक्षी १० निळ्या खड्यांच्याएवजी आपण त्याच अर्थाचा एक पांढरा खडा घेऊ. आता आपल्याकडे ३ लाल, ८ पांढरे आणि १

निळा असे खडे असतील, म्हणजे उत्तर झाले ३८१.

तरीही एका पिशाचीत खडे घेऊन फिरणे तसे गैरसोयीचेच आहे. शिवाय कोणत्या रंगाचा काय आर्थ आहे ते लक्षात ठेवून योग्य ते खडे उचलावे लागतील व नंतर हिंशेब करावा लागेल.

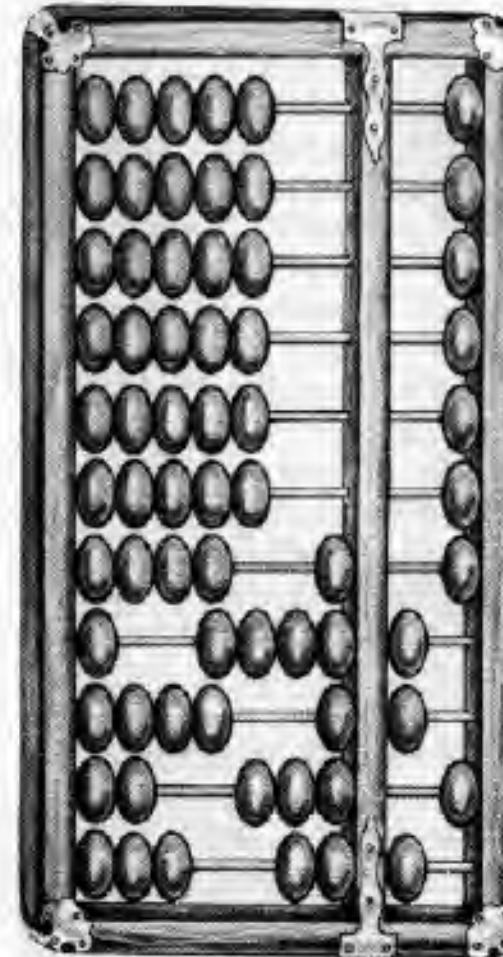
हजारो वघापूर्वी कोणीतरी एका तारा लावलेल्या लाकडी चौकटीचा शोध लावला, प्रत्येक तारेवर १० मणी लावलेले होते व काही मोकळी जागा सोडलेली होती, म्हणजे ते पुढे-मागे सरकवता येत असत.

पहिल्या तारेवरील सर्व मण्यांची किंमत होती १, दुसऱ्या तारेवरील मण्यांची होती १०, तिसऱ्या तारेवरील १००, चौथीवरील १००० वरैरे वरैरे... अशा प्रकारे अधिक तारा वाढवून मण्यांची किंमत हिंशेबासाठी हवी तेवढी वाढवता येत असे.

गणित सोडवण्यासाठी निरनिराळ्या तारेवरील मणी मोजायचे व त्यांना तारेवर एका बाजूकदून दुसरीकडे सरकवायचे. १० मणी सरकवून झाले, की त्यांना परत पहिल्या जागी आणायचे व त्याऐवजी अधिक किंमतीच्या तारेवरील एक मणी सरकवायचा. या साधनाला अँडेक्स असे नाव आहे.

अँडेक्सच्या साहाय्याने बेरीज-वजाबाकी करायला चटकन शिकता येते. एखाद्याकडे दहा-दहा बोटांचे अनेक समुदाय असावेत किंवा वेगवेगळ्या रंगांचे खडे असावेत तसेच हे आहे: पण अँडेक्समधील सर्व मणी एकाच रंगाचे असू शकतात. मात्र, ते वेगवेगळ्या तारांवर असायला हवेत.

याहून अधिक गुंतागुंतीचे अँडेक्सही असू शकतात. यात प्रत्येक तारेचे दोन विभाग केलेते असतात. एका भागात ५, आणि दुसऱ्या भागात फक्त १ किंवा २ मणी असतात. (प्रत्येकाची किंमत ५, ५०, ५०० वरैरे). अँडेक्सच्या साहाय्याने गुणाकार, भागाकार आणि त्याहून अधिक गुंतागुंतीची गणितेही सोडवता येतात.



अँडेक्स

अॅबॅकमच्या तापरासाठी हातांना उपयोग कराना लागतो. जेव्हा एका विशिष्ट तारेवरील सर्व मणी एका बाजूला केले जातात. तेव्हा ते सर्व परत आणले पाहिजेत आणि त्यापेक्जी जास्त किमतीच्या तारेवरीत एकच मणी सरकवायला हवा. हे आपोआप होईल असा काही मार्ग असेल का?

१६४४ साली ब्लेझ पास्काल (१६२३-१६६२) या फ्रेंच गणितज्ञाने असे एक साधन बनवले. त्यात एकमेकांत गुंतलेली अनेक चळे होती. प्रत्येक चाक १० घरे फिरुन एक फेरी पूर्ण करत असे. प्रत्येक खाढ फिरल्यावर एका भोकात एक आकडा दिसत असे. यात ० ते ९ असे आकडे होते व ९ झाल्यावर परत ० येत असे.

जेव्हा एक चाक ० वर परत येई, तेव्हा त्याच्या डावीकडचे चाक आपोआप एक घर पुढे जात असे. या चाकावरील आकडा ० च्या पेक्जी १ होत असे. म्हणजे  $9+1$  अशी बेरीज केली की १० मिळे. प्रत्येक वेळी उजवीकडच्या चाकाने एक फेरी पूर्ण केली, की त्याच्या डावीकडचे चाक एक घर पुढे जात असे. अखेर ९९ हा आकडा झाल्यावर उजवीकडचे चाक अजून एक घर फिरवते, की त्याच्या डावीकडचे चाक ९ वरुन ० वर जाई व त्याने त्याच्या डावीकडच्या चाकावर ९ हा आकडा येई. म्हणजेच  $99+1 = 100$ . ही चाके उलट दिशेने फिरवून वजाबाकीही करता येत असे.

पास्कालचे हे साधन हा पहिलाच यांत्रिक कॅल्क्युलेटर होता. यात माणसाला सर्व काम करावे लागत नसे, तर हे साधन काही कार्य स्वतःच करत असे.

पास्कालच्या या साधनाने गुणाकार व भागाकारही करता येत असे.  $61 \times 82$  याचे उत्तर हवे असल्यास,  $61 + 61 + 61$  असे ४२ वेळा केले की २५६२ हे उत्तर येणार.

हे करण्यास अपतिच खूप वेळ लागणार आणि कधीतरी



ब्लेझ पास्काल  
(१६२३-१६६२)

किंती वेळा बेरीज केली हे मोजप्प्यात चूक होणारच. १६७१ साली गॉटफ्रिड विल्हेम लिबेनिटङ्ग (१६४६-१७१६) या जर्मन गणितज्ञाने याहून अधिक गुंतागुंतीचे गुणाकार व भागाकारही करणारे साधन बनवले.

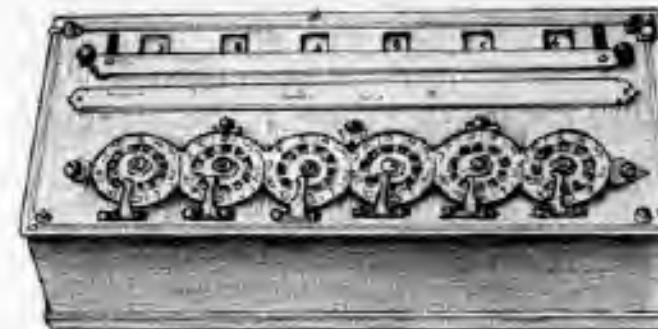
पास्काल व लिबेनिटङ्ग यांनी तयार केलेल्या यांत्रिक कॅलक्युलेटरचा त्यांच्या काळात फारम्सा नापर झालाच नाही. ते बनवणे बरेच खर्चिक होते आणि फक्त साधी गणिते करण्यासाठीच त्यांचा उपयोग होत असे. त्यापेक्षा असे प्रश्न कागदावर सोडवणेच लोकांना सोपे वाटत असे.

जॉन नेपियर (१५५०-१६१७) या स्कॉटिश गणितज्ञाने बनवलेल्या साधनापासून ते अधिक लोकप्रिय होऊ लागले. १५९४ ते १६१४ या काळात प्रत्येक आकळ्याता लॉगोरिथम नावाचा एक निराळा क्रमांक देण्याची पद्धत त्याने शोधून काढली. कोणत्याही आकळ्याचा लॉगोरिथम क्रमांक दर्शवणारे तक्तेही त्याने तयार केले.

दोन आकळ्यांचा गुणाकार करण्याएवजी त्या दोन्ही आकळ्यांचे लॉगोरिथम क्रमांक शोधून त्यांची बेरीज करायची. ही बेरीज म्हणजे एक नवा लॉगोरिथम क्रमांक असे. त्याच्याशी संबंधित आकडा तक्त्यात शोधून काढला, की ते त्या गुणाकाराचे उतार असे. दोन आकळ्यांचा भागाकार करण्याएवजी लॉगोरिथमच्या त्या दोन क्रमांकांची वजाबाकी करून मिळालेल्या लॉगोरिथमच्या क्रमांकाशी संबंधित आकडा शोधला, की काप झाले.

गुणाकार किंवा भागाकार करण्यापेक्षा बेरीज किंवा वजाबाकी करणे सोपे आहे. गुंतागुंतीचे गुणाकार किंवा भागाकार करण्यापेक्षा लॉगोरिथमने यासाठी सहज वापरण्याजोगा एक सोपा मार्ती शोधून काढला.

१६३२ साली विल्पम ऑट्रिड (१५७४-१६६०) या इंग्रज गणितज्ञाने लॉगोरिथम शोधण्यात वाया जाणारा वेळ वाचवण्यासाठी



बोझ पास्कालचे यंत्र

एक सोणा मार्ग काढला. एका लाकडी पट्टीवर त्याने सर्व क्रमांक अशा तऱ्हेने मांडले, की प्रत्येक आकड्याचे पट्टीच्या सुरुवातीपासूनचे अंतर त्या आकड्याच्या लॉगोरिथमच्या क्रमांकाएवढेच असे. जर अशा दोन पट्ट्या एकत्र ठेवल्या आणि शेजारची पट्टी हवी तेवढी हलवून, हवे असलेले लॉगोरिथमचे क्रमांक एकामेकासमोर आणले, तर त्यांची बेरीज करून गुणाकाराचे उत्तर चटकन मिळवता येईल. जर या पट्ट्याची हालचाल उलट दिशेने केली, तर लॉगोरिथमची वजाबाकी करून भागाकाराचे उत्तर काढता येईल.

या साधनांना स्लाइड रुल म्हणतात. यात अधिकाधिक सुधारणा करण्यात आल्या, त्यामुळे अनेक गुंतागुंतीचे प्रश्नही चटकन सोडवता येऊ लागले. १९६० च्या दशकापर्यंत कोणत्याही शास्त्रज्ञाला किंवा शास्त्राच्या विद्यार्थ्याला स्लाइड रुल अत्यावश्यकच असे, कोंकणमध्ये असताना माझ्याकडे ही असा स्लाइड रुल होता आणि अद्यापही आहे.

दुसऱ्या जागतिक मुख्यपर्यंत जपान व चीन या देशात अंबैक्सचाही खूप वापर केला जात असे. सरावलेल्या हातांनी त्यांचे कामही स्लाइड रुल इतक्याच झापाण्याने होत असे.

पास्कालने बनवलेले साधनही पूर्णपणे अडगळीत टाकण्यात आले नव्हते. मोटारीमध्ये एकूण किंती मैल प्रवास झाला हे मोजणारे एक साधन असते. ते तुबेक्क यास्कालच्या साधनाप्रमाणेच कार्य करते.



स्लाइड रुल

## २ | दातेरी चक्रे आणि भोकाची कार्डे

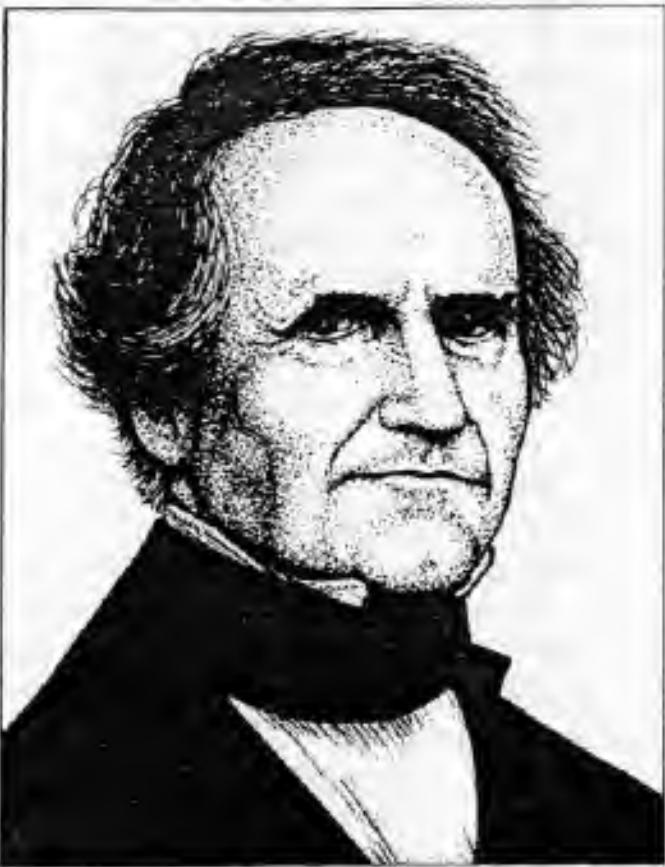
स्लाइड रुलची मुख्य अडचण ही आहे, की त्याने दोवळमानाने उत्तरे मिळतात, स्लाइड रुलचा वापर करून  $5,432 \times 4739$  याचे उत्तर  $2,47,00,000$  असे मी काही सेकंदात सांगू शकतो; पण याचे खेरे उत्तर आहे  $2,47,42,248$ . शिवाय, उत्तरत नेमकी किंती स्थाने आहेत हेही स्लाइड रुल सांगू शकत नाही. हेच उत्तर  $24,70,000$  किंवा  $24,70,00,000$  असेही असू शकेल. नेमकी किंती स्थाने असावीत हे मलाच विचार करून ठरवावे तागेल.

पास्काल व लिबेनिट्झ या दोघांनी बनवलेल्या साधनापेक्षा अचूक उत्तरे देणारे साधन बनवण्याचा प्रयत्न चालस॒ बैंबेज (१७९२-१८७१) या इंग्रज गणितज्ञाने केला. त्याला वारसाहककाने बरीच संपत्ती मिळाली होती, म्हणून गणिताविषयीच्या आपल्या छंदांसाठी हवा तेवढा वेळ देणे त्याला सहज शक्य होते.

गणितविषयक आकडेमोड तो अतिशय काळजीपूर्वक करत असे लॉगोरिथमच्या तक्त्यांत बन्याच वेळा अनेक चुका असत (हे तक्ते बनवणे तसे बरेच गुंतागुंतीचे असते), त्यामुळे तोकांना अनेकदा चुकीची उत्तरे मिळत असत. या चुका शोधून त्या दुरुस्त करण्यासाठी बैंबेजने बरेच परिश्रम घेतले.

१८२२ सालापासून, कोणत्याही आकड्यांचे लॉगोरिथम क्रमांक आपोआप शोधून काढेल असे एखादे यंत्र बनवता आल्यात आपला बराच त्रास वाचेल, या दृष्टीने त्याने विचार करण्यास सुरुवात केली.

प्रत्यक्षात हे काम करू शकेल अशा एका खूप गुंतागुंतीच्या साधनाचा बैंबेजने आराखडा तयार केला. यात अनेक दणे, चाके, एकाच दिशेने किरणारी दातेरी चळे वगैरे असलेले हे यंत्र अनेक



कार्ल मैरेज  
(१८१८-१८८३)

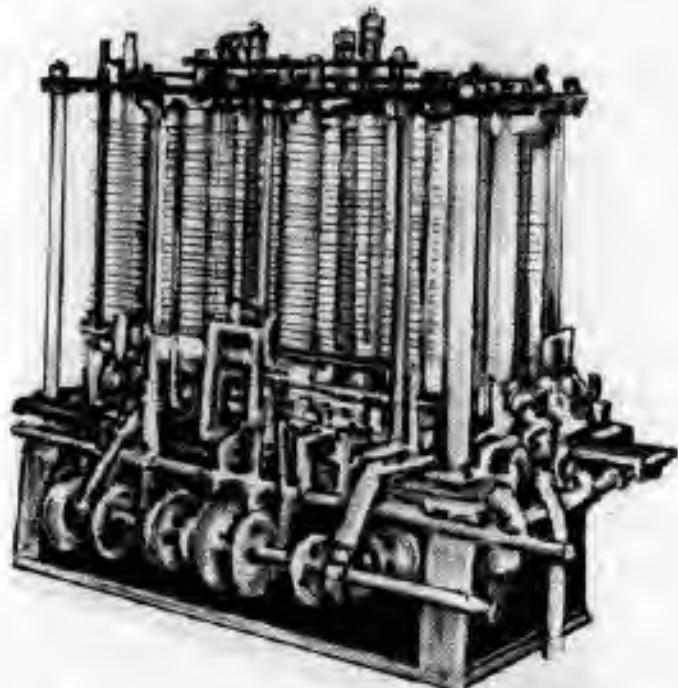
पणिती प्रश्न सोडवू शकत असे. प्रत्येक उत्तरातून निर्माण होणाऱ्या नव्या प्रश्नाचे उत्तरही हे यंत्र शोधू शकत असे. प्रत्येक उत्तर हे तँगैरिधमच्या अधिक जवळ नेत असे. अखेर, याचे उत्तर खन्या तँगैरिधमच्या अगदी जवळचे असे व तक्त्यात घालण्याइतके ते अवूक असे.

जोपर्यंत सर्व दांडे, चाके, एकाच बाजूने फिरणारी चके व दातेरी चाकांची यंत्रणा अचूक आकाराची व एकमेकात योग्य प्रकाराने बसवलेली असेल, तोपर्यंत अशा यंत्रात चूक होण्याचे काहीच कारण नव्हते.

आणि हीच मुख्य अडचण होती. बैंबेजने यासाठी किंतीही खर्च केला, कारागिरांनी किंतीही ग्रयल केला, तरी एकोणिसाव्या शतकाच्या सुरुवातीच्या तंत्रज्ञानाचा वापर करून या यंत्रासाठी हवे तसे अचूक मापाचे भाग बनवणे शक्य होत नव्हते. हे भाग एकमेकांत योग्य प्रकारे बसत नव्हते. मग सांधे अडकून बसत, नाहीतर निखळत, त्यामुळे चुकीची उत्तरे येत असत.

तथापि, बैंबेजने याचा जितका अधिक विचार केला, तितका त्याचा उत्साह वाढत गेला. केवळ लँगैरिधम शोधणारे यंत्र बनवणे पुरेसे नाही असे त्याने ठरवते. अखेर त्याने केवळ तेवहे एकच काम होणार होते

आकड्यांच्या अनेक करायती करू शकेल असे यंत्र बनवायला काय हरकत आहे? ते अनेक प्रकारचे प्रश्न सोडवू शकेल. अशा यंत्रात अनेक प्रकारचे दांडे, चाके, एकाच बाजूने फिरणारी चके व दातेरी चाके बसवली, पण त्यांची रचना बदलता येईल अशीच त्यांची योजना केली, तर त्यांचा क्रम बदलून अनेक प्रकारचे प्रश्न सोडवता येऊ शकतील. अशा तन्हेने एखादा प्रश्न सोडवण्यासाठी त्यांतील क्रियाचा क्रम बदलण्याच्या सूचना देणे याता आपण कार्यप्रणाली (प्रोग्रामिंग) म्हणू शकतो. प्रश्नाचा एखादा भाग पूर्ण



विक्रम यंत्र

झाला की हे यंत्र पट्टा वाजवू शके.

शिवाय, यंत्राला एखाद्या प्रश्नाचे उत्तर मिळाले, पण ते जर त्यानंतर त्याला परत वापशवे लागणार असेल, तर काही दाढे, चाके वगीरेवा क्रम बदलून, परत त्याची गरज पडेपर्यंत ते उत्तर गोठवूनही ठेवता येत असे, म्हणजेच त्या यंत्राला आठवण ठेवण्याची मंत्रणा किंवा मेमरी होती.

अखेर हे यंत्र छाईर्यंत्राला जोडता येत असे, म्हणजे उत्तर कागदावर छापलेदेखील जाईल.

ज्या यंत्रातील आकडे मोड करण्याच्या किंयांचा क्रम बदलण्याच्या सूचना त्याला देता येतील, अशी गुंतागुंतीची रचना असणारे व नंतर वापरण्यासाठी ज्याला उत्तर लक्षात ठेवता येते आणि जे यंत्र असे उत्तर लिहूनही दाखवू शकते त्याला आज आपण कॉम्प्युटर किंवा संगणक म्हणतो वैविज जे यंत्र बनवण्याच्या प्रयत्नात होता तो सर्वांत पहिला संगणक होय.

बैंबेजची गृहीतके व विचारसरणी अगदी योग्यच होती; परंतु त्याच्या यंत्राचे सर्व भाग योग्य पढतीने एकमेकांत न डसण्याने हे साधन योग्य प्रकारे कार्य करू शकले नाही. तरीही त्याचा उत्साह अजिबात कमी झाला नाही व त्याला नवनव्या कल्पना सुधतच राहिल्या, दर वेळी अधिकाधिक गुंतागुंतीची रचना असणारे यंत्र बनवण्यासाठी तो नव्याने सुरुदात करतच राहिला व प्रत्येक वेळी हे अधिकाधिक गुंतागुंतीचे भाग एकमेकांत नीटपणे बसलेच नाहीत. सरकारकडून व शास्त्रीय संशोधनाच्या संस्थांकडून या कार्यासाठी अनुदान मिळवण्यातही त्याला यश आले; पण या सर्व रकमा वापरूनही अखेर हाती काहीच आले नाही. इतकेच नव्हे, तर त्याने आपली स्वतःची सर्व खाजगी संपत्तीही या कामासाठी खर्च केली.

त्याचे कार्य पूर्ण झाले नाही व हे यंत्र कधीच नीट चालाले नाही.

या यंत्राचा काही भाग आजही लंडनच्या शास्त्रीय संग्रहालयात पाहता येतो.

बैंदेज पूर्णपणे अयशस्वी ठरला, असेच लोकांना वाटत असे. अशा प्रकारचे यंत्र बनवण्याचे त्याचे स्वप्न म्हणजे एक हास्यास्पद व आचरण कल्पना आहे, असेच लोकांना वाटे. प्रत्यक्षात त्याची विचारसरणी अचूक होती याचाही कोणीच विचार केला नाही व बहुतेक जण त्याला विसरूनही गेले.

तो जबळजवळ एक शतक आधी जन्माला आला होता. त्याला ज्या प्रकारच्या वस्तूची गरज होती, त्यांचा एकोणिसाब्धा शतकाच्या सुरुवातीला शोधही लागला नव्हता.

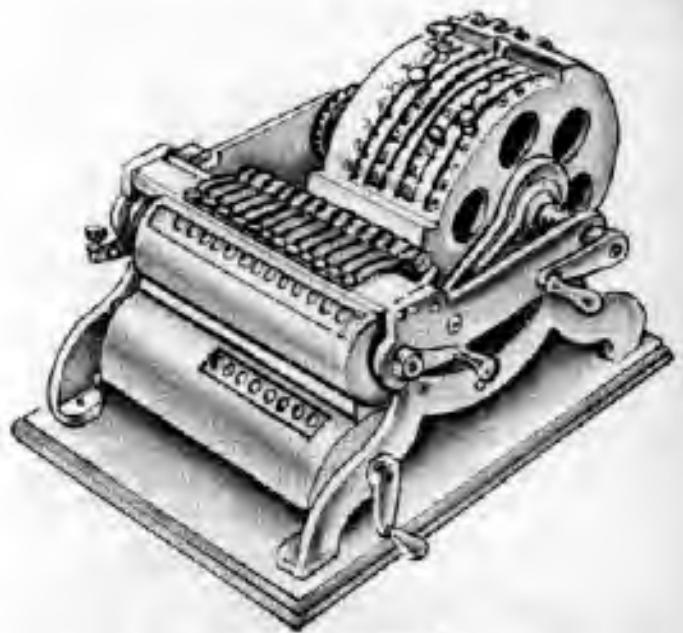
जोसेफ-मारी ज्याकार्ड (१७५२-१८३४) या फ्रेंच रेशीम विणकराच्या पद्धतीनुसार आपले यंत्र नियंत्रित करण्याची बैंदेजची योजना होती.

१८०३ साली ज्याकार्डने आपला माग नियंत्रित करण्याची एक विशिष्ट पद्धत विकसित केली होती, त्याद्वारे मागावर एखादा विशिष्ट नमुना विणता येत असे. यातील धागे विशिष्ट दांड्यांवरून येत असत, यापेकी काही दांडे हलवले व इतर काही धांबवून ठेवले, तर काहीच धागे कापडात विणते जात असत, एका वेळी काही दांडे हलवले व नंतर दुसरे काही दांडे हलवले, तर दर वेळी होणाऱ्या बदलाने धाप्यांचा एक विशिष्ट नमुना तयार होत असे. अर्थातच कोणत्या वेळी कोणते दांडे हलवायचे हे त्या मागावर काय करणाऱ्याताच ठरवावे लागत असे.

निदान भोके पाडतेल्या जाड काढीची पंत्रणा ज्याकार्डने शोधून काढेपर्यंत तरी असेच करावे लागत असे. या काढने काही दांडे अडवले जात असत तर इतर काही त्यावरील भोकातून जाऊ शकत असत. वेगवेगळ्या पद्धतीने भोके असणारी कार्ड आपोआप ठरावीक जागी एकमागून एक या प्रकारे येतील अशी योजना



ज्याकार्डचा पाहिला माग



१८७५ सालवाच कॉल्क्युलेटर

केल्यावर निरनिराळे दांडे आपोआप अशा तन्हेने हलत, की त्यातून कापडात विशिष्ट नमुना विणला जाई आणि विणकराला त्यासाठी काहीच करावे लागत नसे. हा झाला ज्याकार्ड माग.

बैंबजनेही आपल्या यंत्रात भोकांची काढे वापरली; पण पूर्वी सांगितल्याप्रमाणे त्यातून काहीच निष्पत्र झाले नाही. तथापि, ५० वर्षांनंतर भोकांची काढे वापरल्न बनवलेले साधन माझ काम करू शकले.

हे अमेरिकेत घडले. एकोणिसाव्या शतकात अमेरिकेची लोकसंख्या, आकार व संपत्ती यात वाढ होत होती. दर दहा वर्षांनी अमेरिकेचे केंद्र सरकार जनगणना करत असे. यात देशातील सर्व

लोकांची मोजणी करून त्यांचे वय, नोकरी, घरे व ते कसे राहतात याची माहिती गोळा केली जात असे. देशाचा विकास कशा प्रकारे करावा व देश अधिक समृद्ध करा करावा हे ठरवण्यासाठी हे सर्व फारच महत्वाचे होते.

१८८० सालच्या जनगणनेत एवढी माहिती गोळा झाली, की ती सर्व एकत्रित करून वर्गीकरण करून योग्य तो अर्थ लावण्यास अनेक वर्षे लागली. हे कार्य पूर्ण होईपर्यंत १८९० सालच्या जनगणनेची वेळ आली होती. हे आकडे व माहिती एकत्रित करण्याची काहीतरी जलद गतीने कार्य करणारी पद्धत शोधणे गरजेचे होते. मानवपेक्षा जलद गतीने कार्य करू शकेल असे काहीतरी यांत्रिक साधन बनवणे आवश्यक होते.

१८८० च्या दशकाच्या सुमारास बरीच प्रगती झालेली होती. निरनिराळ्या प्रकारची चाके, दातेरी चक्रे अशासारख्या गोष्टी लहान आकारात व बिनचूकपणे बनवल्या जात असत. त्यांचे सांधे चांगल्या तऱ्हेने जुळत असत.

म्हणून पास्काल व लिबेनिट्झ यांच्या यंत्रांच्या धर्तीवरील यंत्रे चांगल्या पद्धतीने चालू शकत व ती फार मोठी व खर्चिकही नसत. अशी अनेक यंत्रे बनवण्यात आली व निरनिराळ्या कार्यालयांना ती विकल्पातही आली.

काही बच्याच गुंतभुंतीच्या गोष्टीही ही यंत्रे करू शकत असत. उदाहरणार्थ, १८७० साली विल्यम थॉम्सन (१८२४-१९०७) या इंग्रज शास्त्रज्ञाने (ते नंतर लॉर्ड केल्विन झाले) असे एक यंत्र बनवले होते. यातील दातेरी चाके व चक्रे अशा तऱ्हेने बसवली होती. की समुद्रविनान्यावरील एखाद्या ठिकाणच्या भरती-ओहोटीचे अंतर हे यंत्र नोंदवू शकत असे. अनेक वर्षांपर्यंत ते हे काम बिनदोभाट करत राहू शके.

यासाठी त्याची एक खास पद्धत होती. हिशेब करणारी बहुतेक



हॉलरिंगचे टेक्युलेटिंग मशीन

सर्व यंत्रे आकड्यांशी संबंधित काम करतात. त्यांना डिजिटल कॅल्क्युलेटर किंवा खूपच गुतागुंतीचे असल्यास त्यांना डिजिटल कॉम्प्युटर म्हणतात. (डिजिट या शब्दाचा अर्थ, एक आकडा किंवा हाताचे अगर पायाचे एक बोट, असाही आहे. पूर्वी लोक आकडे दर्शवण्यासाठी बोटांचा वापर करत असत, हे यावरून दिसून येते). बैंबेजचे यंत्र तयार झाले असते तर ते डिजिटल कॉम्प्युटर असते.

काही हिशेबाबी यंत्रे (कॅल्क्युलेटर) आकड्यांशी संबंधित कार्य न करता आकड्यांसारख्या इतर बाबीचा हिशेब करतात. त्यांना अॅनॉलॉग कॅल्क्युलेटर किंवा कॉम्प्युटर म्हणतात. स्लाइड रुलच्या साहाय्याने आणण लांबी मोजतो, हा आला अॅनॉलॉग कॅल्क्युलेटर, केल्विनच्या यंत्रात त्यातील फिरणाऱ्या चाकांच्या साहाय्याने अंतर मोजले जाई म्हणून हादेखील अॅनॉलॉग कॅल्क्युलेटरच होता. (भविष्यात मात्र डिजिटल यंत्रांचाच अधिक वापर व विकास होणार होता.)

मुधारित भागांच्या उत्पादनाबोरोबरूच विजेचाही वापर करण्यात येऊ लागला होता व तिच्याकडूनही काही काम करून घेणे शक्य झाले.

१८८० च्या दशकात हमर्नि हॉलरिथ (१८६०-१९२९) या अमेरिकन संशोधकाने जनगणनेचे बरेचसे काम हाताळले होते. ज्याकार्ड व बैंबेजप्रमाणेच त्यानेही भोकाऱ्या कार्डांचा वापर केला. प्रत्येक कार्डावर जनगणनेत गोळा केलेल्या माहितीनुसार भोके पाडली जात असत. एका विशिष्ट ठिकाणच्या भोकावरून ती व्यक्ती स्त्री आहे की पुरुष हे समजत असे, तसेच त्या व्यक्तीचे वय, तो शैतकरी आहे की कारखान्यातील कामगार, अशा अनेक गोष्टीही जाणून घेता येत असत.

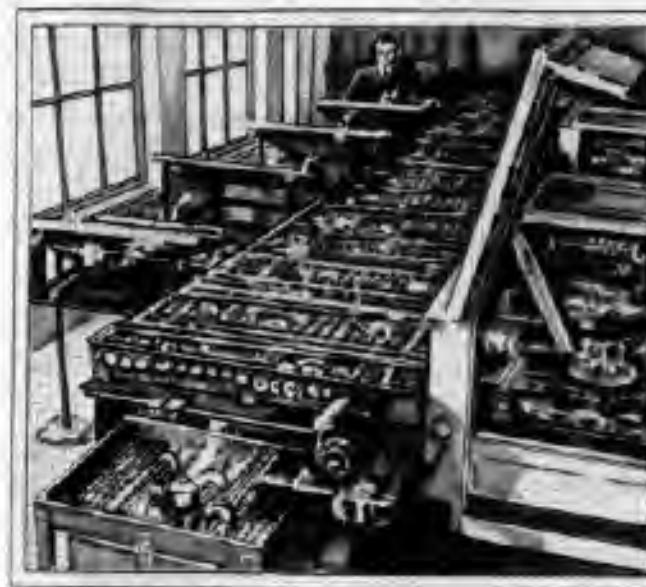
ही सर्व माहिती एकत्रित करून तिचे पृथक्करण करण्यासाठी ही कार्ड एका धातूच्या साधनावर ठेवून त्यावर दाबली जात असत.

या साधनास थातूच्या अनेक सुधा होत्या, त्यांच्यावर काढे रोखली जात असत. जेव्हा त्या ठिकाणी भोक असे तेव्हा ही सुई त्यातून आरपार जाऊन खाली असलेल्या पान्यापर्यंत पोचत असे. मग त्या सुईतून विजेचा प्रवाह जाऊन तो एका विशिष्ट चकतीवरील निदर्शकापर्यंत पोचत असे. लोकांना मग मोजावे किंवा बेरीज करावी लागत नसे. या यंत्रातून भोकाची काढे जलद गतीने पाठवली की लोकांना फक्त निदर्शकावरील अखेरचा आकडा नोंदवण्याचेच काम करावे लागे.

१८९० सालाच्या जनगणनेचे काम हॉलरिधच्या भोकांच्या काढाच्या साहाय्याने हाताळण्यात आले. या जनगणनेत एकवित करण्यात आलोली माहिती जरी १८८० सालाच्या जनगणनेच्या तुलनेत बरीच अधिक असली, तरीही १८९० सालाच्या जनगणनेतील सर्व माहितीचे पृथक्करण करण्याचे काम पहिल्यापेक्षा एक-तृतीयांश वेळेत पूर्ण करण्यात आले.

या वेळेस प्रभापद्ध गणती व आकडेमोह करण्यासाठी केवळ यांत्रिक साधनांचा वापर करण्याएवजी विजेवर चालणाऱ्या यंत्रांचा वापर केला गेता.

१८९६ साली हॉलरिधने सर्व प्रकारची माहिती हाताळून त्याचे पृथक्करण करण्यासाठी अनेक प्रकारची यंत्रे बनवणारी एक कंपनी स्थापन केली. त्याला त्याने 'टेलिलेटिंग मशीन कंपनी' असे नाव दिले. या कंपनीचा खूप मोठ्या प्रमाणावर विस्तार झाला व तिचे नाव बदलून 'इंटरनेशनल डिझनेस मशीन कॉर्पोरेशन' असे ठेवण्यात आले. आता ती 'आय. बी. एम.' या तिच्या आद्याक्षरांनीच ओळखली जाते.



व्हेलर युशवे डिफरेंशियल अनालायझर

## ३ | द्विजांकी आकडे व बटणे

एकोणिसाब्द्या शतकातील हिशेब करणारी सर्वांत यशस्वी यंत्रे ही बैंबेजच्या कल्पनेतील यंत्रांच्या जवळपासही पोचत नव्हती. चांगल्या तळेने कार्य करू शकणारी यंत्रे केवळ एकाच प्रकारचे प्रश्न सोडवू शकत होती. हॉलरिथमचे यंत्र फक्त जनगणनेशी संबंधित प्रश्नच सोडवू शकत होते. केल्विनच्या यंत्राचा उपयोग फक्त भरती-ओहोटीशी संबंधित प्रश्नांसाठीच होऊ शके.

तथापि, १८७६ साली केल्विनने, निरनिराळ्या प्रश्नांसाठी यंत्रांची कार्यप्रणाली (प्रोग्रेसिंग) बदलता घेऊ शकेल असे दर्शवणारा एक निबंध लिहिला. बैंबेजने अर्थशतकापूर्वी मांडलेली, अनेक गोष्टी करू शकणाऱ्या संगणकाची म्हणजेच कॉम्प्युटरची कल्पना त्याने पुनरुज्जीवित केली होती.

अर्थात, अशा प्रकारचे यंत्र खूपच मोठे व अतिशय गुंतागुंतीचे असावे लागेल, हे लक्षात आल्याने आणखी ५० वर्षांपर्यंत कोणी ते बनवण्याचा प्रयत्नही केला नाही.

व्हेनेव्हर बुश (१८९०-१९७४) नावाच्या अमेरिकन अभियंत्याने अखेर हे काम हाती घेतले.

१९२५ साली 'डिफरेशियल अॅनालायझर' नावाचे यंत्र बनवण्यास त्याने सुरुवात केली. अनेक प्रकारचे प्रश्न हे यंत्र सोडवू शकत असे. डिफरेशियल इक्वेशन या अतिशय गुंतागुंतीच्या गणिती प्रश्नाचे उत्तरही ते देऊ शकत असे. हे यंत्र बनवण्यास पाच वर्षे लागली व ते आकाराने प्रचंड मोठे होते. ते इतके मोठे होते, की हाताने वापरण्याऐवजी ते चालवण्यासाठी विजेवी मोटार वापरावी लागत असे. (बैंबेजच्या काळी अर्थात विजेच्या मोटारी अस्तित्वातच नव्हत्या).

यातील बराचसा भाग बैंबेजच्या यंत्राप्रमाणे यांत्रिकव होता; परंतु याचे भाग अधिक चांगल्या प्रतीचे होते. याचे भाग वरी कितीही चांगले असले, तरी ते पूर्णपणे यांत्रिक पद्धतीने चालणार असेल तर ते नीटपणे काम करू शकणार नाही. असे लतकरच बुश यांच्या लक्षात आले. म्हणून त्यांनी एका नव्याच गोष्टीचा वापर केला.

हवादेखील नसलेल्या एखाच्या जागेतून म्हणजेच निर्वात नळीतून विजेचा प्रवाह कळा पाठवायच हे शास्त्रज्ञांना आतापर्यंत माहीत झाले होते. हा प्रवाह विद्युतभारित सूक्ष्म कणांचा म्हणजे इलेक्ट्रॉन्सचा बनलेला असे. इलेक्ट्रॉन्सचा प्रवाह सहजपणे सुरू किंवा बंद करता येतो. हॉलरिथमच्या भोकांच्या काड्ग्रामाणेच हा प्रवाह यंत्रातील निरनिराळ्या भागांचे कार्य नियंत्रित करण्यासाठी वापरणे शक्य नोते. बुशने इलेक्ट्रॉन्सचा प्रवाह सुरू व बंद करण्यासाठी निर्वात पोकळी असणाऱ्या काचेच्या नव्यांत बसवलेली धातूची साधने मासाठी उपयोगात आणली. अमेरिकेत यांना सहसा 'ट्यूब' असे म्हणतात. (रेहिओत यांचा प्रथमपासून बराच उपयोग केला जात असे, म्हणून यांना 'रेहिओ ट्यूब' असेही म्हणतात.) बुशने विशिष्ट टिकाणी या नव्या बसवून विजेच प्रवाह सुरू अथवा बंद करण्यासाठी यांच्याशी संबंध असल्याने हे यंत्र काही अंशी इलेक्ट्रॉनिक यंत्र बनले.

कार्यप्रणाली बदलता येईल अशा तळेने तयार करण्यात आलेले व माहिती साठवण्याची क्षमता असून व्यवस्थित रीतीने चालणारे यंत्र बनवणारा बुश हा जगातील पहिलाच अभियंता होता. आजच्या अर्थनि पाहता, ज्याला संगणक म्हणता येईल असे हे पहिलेच यंत्र होते. बैंबेजच्या मृत्यूनंतर ६० वर्षांनी अखेर त्याचे स्वप्न प्रत्यक्षात आले होते.



निर्माता नवी (वैद्युत ट्रॉफ)

बुशाचा 'डिफरेंशियल अॅनालायझर' १९३० साली पूर्ण झाल्यावर विविध प्रश्न सोडवण्यासाठी येत्रे तयार करण्यात शाळज्ञांना स्वारस्य वाढू लागले. त्यासाठी त्यांनी 'भूतकाळातील गणिताच्या निरनिराक्ष्या शोधांचा उपयोग करण्याचा प्रयत्न सुरू केला.

उदाहरणार्थ, आकडे लिहिण्यासाठी आपण ० ते ९ अशा दहा चिन्हांचा उपयोग करतो. आपल्या हातांना दहा बोटे असतात म्हणूनच आपण दहा चिन्हे वापरतो. त्याएवजी आकड्यांसाठी चिन्हांचे वेगळे गट वापरणेही शक्य आहे, ० व १ हे दोनचे आकडे वापरून देखील आपल्याला हवा तो क्रमांक लिहिता येईल.

१६७९ साली, केवळ दोनच आकड्यांचा वापर करता येती, हे लिबेनिझने दाखवून दिले होते. गुणाकार करणारे साधन त्यानेच सर्वांग्राम तयार केले होते. ० व १ या दोनच आकड्यांचा वापर करण्याच्या पद्धतीस द्विजांक पद्धत (बायनरी क्रमांक) म्हणतात. 'एका वेळी दोन' अशा अर्थाच्या ग्रीक शब्दावरून हा शब्द आला आहे. तसेच याला 'दोनावर आधारित पद्धत' असेही म्हणता येईल. आपले नेहमीचे आकडे हे या दृष्टीने पाहता दहावर आधारित पद्धतीतील आहेत. द्विजांक पद्धतीचे काम पुढीलप्रमाणे होते :

०००० = ०	०१०० = ४	१००० = ८	११०० = १२
०००१ = १	०१०१ = ५	१००१ = ९	११०१ = १३
००१० = २	०११० = ६	१०१० = १०	१११० = १४
००११ = ३	०१११ = ७	१०११ = ११	११११ = १५

वर दिलेल्या आकड्यांचा जर तुम्ही विचार केलात, तर कदाचित १ व ० वापरण्याची पद्धत तुमच्या लक्षात येईल. जर पाच स्थानांपासून सुरुवात केली तर ३१ या क्रमांकापर्यंत जाता येईल, सहा स्थाने असल्यास ६३ पर्यंत ठगेरे ठगेरे. पुरेशी स्थाने वापरात घेऊन १ व ० या दोन आकड्यांची मालिका बनवून लाखो आणि कोट्यवधीची संख्याही लिहिता येईल. प्रत्येक क्रमांकाचा विशिष्ट क्रम असेल

अशी एखादी मालिका दिली, तर ती संख्या तुम्हाला नेहमीच्या  
दहाच्या पद्धतीतही लिहिता येईल.

ही पद्धत तुम्हाला नीटशी समजली नाही तरी आता ते फारसे  
महत्त्वाचे नाही. दोनच आकडे वापरूनदेखील कोणतीही संख्या  
लिहिता येते, एवढेच आता लक्षात घ्या.

द्विजांक पद्धत हिशेबाच्या यंत्रांसाठी इतकी महत्त्वाची ठरेल हे  
सुरुवातीला कोणाच्याच लक्षात आले नाही. पास्कालने केले होते  
त्याप्रमाणे एखाद्या चकतीवर दहा आकडे लिहावेत हे नैसर्गिकच  
होते.

संगणकात ट्यूब वापरण्यास सुरुवात झाल्यावर त्या सुरु व  
बंद करण्यासाठी इलेक्ट्रॉनचा प्रवाह वापरला जाऊ लागला. प्रत्येक  
वेळी प्रवाह सुरु झाला की तो १ या आकड्याने दर्शविता येतो  
आणि बंद झाला की ० या आकड्याने.

याचाच अर्थ, सुरु- बंद या पद्धतीने इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहाद्वारे  
आकडे दर्शविता येतात. दातेरी चाकांच्या वापराने (गियर) चाके  
फिरवणे शक्य असले तरी इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहाने हे अतिशय जलद  
गतीने करता येते, शिवाय यात चाके अडकून बसण्याचा किंवा  
निस्टण्याचाही धोका नाही. अशा तर्हे ट्यूब बसवलेले साधन  
चाके असणारे साधन करू शकणाऱ्या सर्व किंवा करू शकतेच व  
तेही अधिक जलद व विश्वासार्ह पद्धतीने.

त्यानंतर १८५४ साली जॉर्ज बूल (१८१५-१८६४) या इंग्रज  
गणितज्ञाने यात तर्कशास्त्राचा उपयोग करण्याची एक पद्धत शोधून  
काढली. (तॉजिक किंवा तर्कशास्त्र म्हणजे एखादी समस्या  
सोडवण्यासाठी विचार करण्याची विशिष्ट पद्धती. ही समस्या गणिती  
समस्याच असेल असे नाही.) नेहमीच्या इंग्रजी शब्दांच्या ऐवजी  
तर्कशास्त्रीय विधाने चिन्हांच्या स्वरूपात मांडण्याची पद्धत बूलने  
शोधून काढली. या चिन्हांचा विशिष्ट तर्हे वापर करून उत्तर कर्से



आयकेनचे पार्क-६ यंत्र (१९४३)

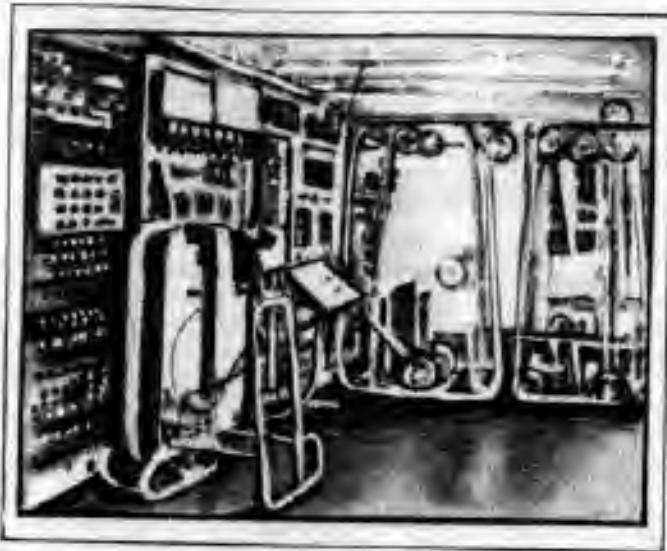
मिळवायचे ते बूलने दाखवून दिले, एक प्रकारे त्याने तर्कशास्त्राता  
गणिताचेच रूप दिले म्हणायला हरकत नाही. या पद्धतीला  
'गतीकात्मक तर्कशास्त्र' किंवा 'सिवॉलिक लॉजिक' असे नाव  
देण्यात आले.

आलफ्रेड नॉर्थ व्हाइटहेड (१८६१-१९४७) व बट्रौंड ए. लॅप्पू  
रसेल (१८७२-१९७०) या दोन इंग्रज गणितज्ञांनी १९१३ साली  
प्रतीकात्मक तर्कशास्त्रात आणखी सुधारणा केली व ते गणिताच्या  
अधिक जवळ आणुन ठेवले.

क्लॉड एल्बुड शॅनॉन (१९१६-) या अमेरिकन गणितज्ञाने  
१९४० साली अशा पद्धतीवर संशोधन करण्यास सुरुवात केली,  
की ज्यायोगे इलेक्ट्रॉन प्रवाहाच्या सुरु व बंद करण्याने त्याद्वारे  
केवळ आकडे न दर्शविता प्रतीकात्मक तर्कशास्त्राची चिन्हेदेखील  
दर्शवली जातील. १९४९ च्या सुमारास त्याचे संशोधन पूर्ण झाल्यावर  
त्याने यास 'माहितीचा सिद्धान्त' (इनफर्मेशन थिअरी) असे नाव  
दिले, कारण सर्व प्रकारची माहिती कशी हाताळावी हे त्यातून  
समजून येत होते.

बॅचेजच्या सिद्धान्तानंतर, गणिताखेरीज प्रतीकात्मक  
तर्कशास्त्रात रूपांतरित केलेले ग्रन्थ यंत्राद्वारे सोडवण्याच्या कोत्रातील  
हा पहिलाच महत्त्वाचा शोध होता.

शॅनॉनचे आपल्या सिद्धान्तासंबंधीचे शोधकार्य चालू असताना,  
दायनरी आकडे दर्शवणारी सुरु व बंद करण्याची बटणे किंवा  
स्विचेस वापरून हिशेब करता येतील अशा प्रकारची यंत्रे बनवण्याचे



कलॉमस - सांकेतिक संदर्शाचा अर्थ लावणारे यंत्र

लोकांचे प्रथम चातूऱ्ह होते, जर्मनी, इंग्लंड व अमेरिका या देशात असे प्रथम चातूऱ्ह होते.

कॉनरैंड झूळा (१९१०-) या जर्मन अभियंत्याने द्विजांक पद्धत वापरून असे एक यंत्र १९३६ साली तयार केले. नंतर त्याला न-१ असे नाव देण्यात आले. यात त्याने विद्युतचुंबकीय लहरीद्वारे नियंत्रण ठेवणारी यंत्रणा (इलेक्ट्रोमैट्रिक स्टिलेज) वापरती होती. विद्युतप्रवाह सुरु अगर बंद करून चुंबकाच्या आधारे असे एखादे बटण किंवा स्विच सुरु अथवा बंद करता येते. चुंबक सुरु असल्यास त्याचा अर्थ १, तर तो बंद असल्यास त्याचा अर्थ होतो ०.

काही वर्षांनंतर झूळाने रिले यंत्रणेतील तारेवून जाणारा विद्युतप्रवाह नियंत्रित करण्यासाठी ट्यूब वापरण्यास सुरुवात केली. कारण त्याद्वारे इलेक्ट्रोनचा प्रवाह हाताळणे अधिक जलद व सोधीचे होते. म्हणून नेतृमीच्या विजेच्या यंत्रणेपेक्षा इलेक्ट्रोनिक स्विचेस वापरणे अधिक चांगले आहे, असे त्याचे मत झाले.

१९३९ साली दुसऱ्या जागतिक युद्धाची सुरुवात झाली. अॅडॉल्फ हिटलर (१८८९-१९४५) या हुक्मशाहाच्या अधिपत्याखाली जर्मनीला युद्धात एकामागून एक विजय मिळू लागले. हिटलरला नव्या शासीय शोधांत खूपच स्वारस्य होते; पण जे शोध लवकरात लवकर कार्यरत होऊ शकतील अशा शोधातच त्याला स्वारस्य होते, कारण युद्ध लवकरच संपेत अशी त्याला खात्री होती. हिटलरला कॉम्प्युटरमध्ये काहीच स्वारस्य नव्हते म्हणून झाला आर्थिक मदत मिळाली नाही.

दरम्यानच्या काळात, अमेरिकेतील हार्वर्ड विद्यापीठातील एक गणितज्ञ हॉवर्ड हॅंपवे आयकेन (१९००-१९७३) अशाच तन्हेच्या संशोधनात गर्क होते. अर्थात, झूळाच्या कामाबद्दल त्यांना काहीच माहिती नव्हती. आता 'आय.बी.एम.' असे नाव असणाऱ्या हॉलरिधच्या जुन्या कंपनीकडून आयकेनला अर्पसाहाय्य मिळू लागले.

त्या दृष्टीने ते झूळग्रेक्षा अधिक भाग्यवान ठरले.

१९४१ साली अमेरिकेने पुढात भाग घेतल्यावर आपकेन यांनी नौदलात प्रवेश केला. जहाजावरील एखादी मोठी तोफ एका मैताहूनही अधिक अंतरावर असणाऱ्या शक्तीच्या दुमच्या एखाद्या जहाजावर अचूक मारा करू शकेल अशा तन्हेने लक्ष्य करणे किंवा कठीण आहे, हे लबकरच अमेरिकन सरकारच्या लक्षात आले. (दोन्ही जहाजे प्रवास करत असणार व दान्याची दिशा आणि गती अशा अनेक गोटीचा याच्याशी संबंध असतो. सामान्य पद्धतीने हे सर्व हिंशेब माहून लक्ष्य ठरवेपर्यंत सर्वच परिस्थिती बदलतेली असे व सर्व आकडेमोड करायला परत पहिल्यापासून सुरुवात करावी लागे.) महानून त्याच्या यंत्राचे संशोधन पूर्ण करण्यासाठी आयकेनला रजा देण्यात आली. झूळप्रमाणे त्याच्याकडे दुर्लक्ष करण्यात आले नाही.

झूळप्रमाणेच आयकेनने विद्युतचुंबकीय रिलेज वापरले, पण त्याने ट्यूब वापरण्याचा प्रयत्नदेखील केला नाही. त्याच्या मते ट्यूब जरी जलद गतीने काम करू शकल्या, तरी त्यांची विश्वासार्हता कमी होती. १९४३ साली अखेर त्याचे यंत्र पूर्ण झाले, त्यालाच नंतर 'मार्क-१' असे नाव देण्यात आले.

दरम्यानच्या काळात, असे एखादे आकडेमोड करणारे यंत्र बनवण्यात इंग्लंडलाही स्वारस्य होते. जर्मनी गुंतागुंतीच्या सांकेतिक भाषेत जे गुप्त संदेश पाठवत असे, त्या संदेशांचा अर्थ लावण्यासाठी त्यांना असे यंत्र हवे होते. असंख्य शक्यता क्षणार्धात विचारात घेऊन जर एखाद्या यंत्राने त्यातून उपयुक्त असा अर्थ लावला, तर या सांकेतिक भाषेचा चटकन उलगडा होऊ शकला असता. आपले सांकेतिक संदेश गुप्त आहेत या समजुतीने जर्मनी आपले संदेश पाठवत राहील, पण इंग्लंडला त्यांचा ताबडतोब अर्थ लागेत व जर्मनी काही कारवाई करण्यापूर्वीच ते त्याला उत्तर देण्याच्या तयारीत असतील.

शिवाय या यंत्राचा वापर करून जर्मनीला उलगडता येणार नाहीत अशा प्रकारचे सांकेतिक भाषेतील गुप्त संदेश ते पाठ्य शकतील व त्यांच्याकडील यंत्राइतकेच गुंतागुंतीचे कॅल्क्युलेटिंग मशीन असल्याखेरीज जर्मनीला त्यांचा अर्थ लावता येणार नाही.

अंतन पंथिसन ट्यूरिंग (१९१२-१९५४) या गणितज्ञाच्या नेतृत्वाखाली इंस्टेंडने या हेतूने एक यंत्र बनवले. त्याला नाव दिले होते 'कलॉसस'. १९४३ सालाच्या अखेरीपासून ते कार्यरत होते. युद्ध संपेपर्यंत अशी १० यंत्रे बनवण्यात आली होती.

न-१ व मार्क-१ पेक्षा कलॉसस वेगळे होते, कारण यात स्विच म्हणून २००० ट्यूब वापरण्यात आल्या होत्या. हे पहिलेच पूर्णपणे इतेकट्रॉनिक कॅल्क्युलेटिंग यंत्र होते; परंतु सांकेतिक गुप्त संदेशांचा अर्थ लावणे एवढे एकद कार्य ते करू शकत असे. जर कलॉसस नसता तर जर्मनीचा पराभव झाला नसता, असेच इंग्लंडला वाटते. म्हणजे झूळला साहाय्य करण्यात हिटलरला स्वारस्य नव्हते हे एका अर्थने बरेच झाले.

## ४ | न्यूब आणि ट्रान्जिस्टर

ही सुरुवातीची यंत्रे सामान्य उपयोगासाठी होती व ती इलेक्ट्रॉनिक नव्हती, आणि इलेक्ट्रॉनिक असली तरी सामान्य उपयोगासाठी नव्हती. ज्याता इलेक्ट्रॉनिक संगणक म्हणता येईल अशा प्रकारच्या सामान्य वापरासाठी पूर्णपणे इलेक्ट्रॉनिक यंत्राची आवश्यकता होती.

अमेरिकेतील पेनसिल्वेनिया विद्यापीठातील जॉन विल्यम मॉर्चली (१९०७-१९८०) या अभियंत्याने असे एक यंत्र बनवण्याचे ठरवले. जॉन प्रेस्पर एक्टर्ट, ज्युनियर (१९१९-) या एका तरुण अभियंत्याच्या साथीने त्यानी कार्य सुरु केले.

इंग्लंडने आपले कलांसस हे यंत्र अल्पत गुम्फेत बनवले असल्याने या दोघांना त्याची काहीच माहिती नव्हती आणि त्याचा आधारही नव्हता, तरीही त्यांना यात यश आले. त्यांचे यंत्र अखेर १९४६ मध्ये जेव्हा पूर्ण झाले, तेव्हा त्यात १८,००० न्यूब होत्या. यात त्यांनी बायनरी आकड्यांच्या वापर न करता नेहमीच्या दहावर आधारित आकड्यांच्या पद्धतीचाच वापर केला होता.

मॉर्चली व एक्टर्ट यांनी त्याला नाव दिले 'इलेक्ट्रॉनिक न्युमरिकल इंट्रिओटर अँड कॅल्क्युलेटर'. आद्याक्षरांनी याचे नाव बनवले 'एनिआक' (ENEAC).

एनिआक हा जगातील पहिलाच इलेक्ट्रॉनिक संगणक होय. १९४६ साली तो तोकांपुढे प्रदर्शित करण्यात आला. दहावर आधारित आकड्यांच्या पद्धतीने याचे कार्य काहीशा संथ गतीने होत असले, तरीही अल्पत गुंतागुंतीची गणिते तो क्षणाधीन सोडवू शकत असे.



एनिआक (१९४६)

निदान गणिताच्या क्षेत्रात तरी यंत्राने मानवाला मागे टाकले होते. १९४६ पर्यंत अॅबॅक्स वापरण्यातील एखादा तरबेज मनुष्य कॅल्क्युलेटर वापरणाऱ्या माणसापेक्षा जलद गतीने गणिते सोडवू शकत असे. तथापि, अॅबॅक्स वापरण्याऱ्या अशा तरबेज माणसापेक्षा एनिआक एक हजार पटीहूनही अधिक जलद गतीने आकडेमोड करू शकत असे. एकदा एनिआकला कार्यप्रणाली दिली की फक्त एक बटण दाबण्याचीच आवश्यकता होती.

पास्कालापासून ते आजतामायत लोकांनी केवढे मोठे काम केले होते याची लोकांना पहिल्यानेच जाणीव झाली. आता लोक इतेक्ट्रॉनिक मेंदूच्या गोटी करू लागले.

अर्थात, एनिआक अद्याप काही खन्या अर्धाने सामान्य उपयोगासाठी नक्ता, कार्यप्रणाली देऊन एका प्रकारच्या हिंदूवाईजी त्याला दुसरे कार्य करायला सांगता येत असे, पण ते तितकेसे सोपे नव्हते. त्यासाठी बन्याच खटपटी कराव्या तागत.

यण मग जॉन फॉन न्यूमन या हंगेरियन-अमेरिकन गणितशाला निरनिराळ्या कार्यप्रणाली संगणकाच्या मेमरीतच साठवून ठेवण्याची कलफना सुवर्ती. तसे झाल्यास दर वेळी वेगळ्या प्रकारची गोष्ट करायची झाल्यास गुंतागुंतीच्या प्रक्रिया करून संगणकाला नवी कार्यप्रणाली द्यावी लागाणार नाही. केवळ एक बटण दाबून एका कार्यप्रणालीतून दुसरीत सहजपणे जाता येईल.

मॉचली व एकट यांनीही एनिआकपेक्षा वापरण्यास अधिक सोपे व चांगले संगणक बनवण्याचे काम चातूच ठेवले. १९५१ साली तयार झालेला 'युनिवॉक' (युनिव्हर्सल ऑटोमेटिक कॉम्प्युटर) हा व्यापारी दृष्टीने विकल्पात भालेला पहिलाच संगणक होय.

अजूनही एक महत्वाची समस्या सोडवायची होती. आयकेन यांनी महटल्याप्रमाणे ट्यूब विश्वासाही नव्हत्या. त्या काचेच्या होत्या



युनिवॉक (१९४१)

आणि पुढू शकत होत्या. त्या जरी पुटल्या नाहीत तरी कालांतराने त्या गळू लागत. म्हणजे आतील पोकळी निवारि राहात नसे, याच कारणाने ट्यूब नेहमी मोठत असत आणि बदलाव्या लागत.

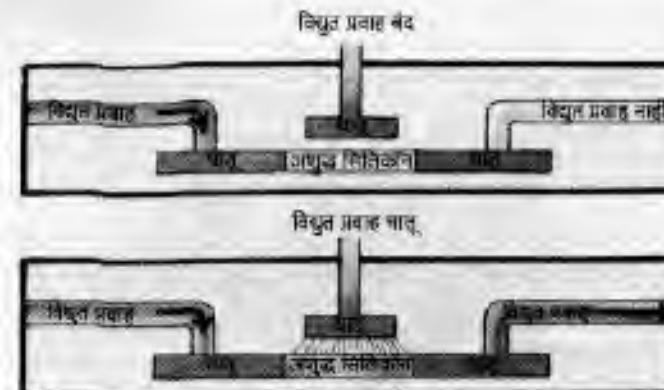
शिवाय ट्यूब तशा आकाराने मोळवाप होत्या. इलेक्ट्रॉन्सचा प्रवाह वाहता राहण्यासाठी आत पुरेशी निवारि जागा असणे आवश्यक होते. या सर्वामुळे संगणक अतिशय अवाढव्य होत असे.

दुसरी समस्या म्हणजे, इलेक्ट्रॉन्सचा प्रवाह निर्माण करण्यासाठी ट्यूबमधील यंत्रणा अत्यंत उच्च तापमानापर्यंत तापवावी लागत असे. त्यासाठी ऊर्जेची गरज खूप मोठी होती आणि जेव्हा अशा असंख्य ट्यूब असत तेव्हा त्या एकमेकांपासून दूर ठेवाव्या लागत. नाहीतर एकमेकांमुळे त्यांचे तापमान वाढून संपूर्ण संगणकच खिघडून जाई. याचा अर्थ, संगणक आणखीच अवाढव्य असावा लागे. शिवाय त्याला लागाण्याचा प्रबंध ऊर्जेमुळे तो अतिशय खर्चिकही होई. आणखी एक विशेष बाब म्हणजे, ट्यूब गरम होण्यास बराच वेळ लागे, त्यामुळेही काम संध होई.

या संगव्यावर काहीच इताज दिसत नव्हता. संगणक अवाढव्य आणि अतिशय खर्चिक असतील, शिवाय ते फारसे विश्वासार्ही नसतील असेच काही तोकांना त्या वेळी वाटले असणार.

परंतु विल्यम ब्रॅंडफर्ड शॉकल्टे (१९१०-) या इंग्ल-अमेरिकन शाखाजाने वॉल्टर हाउडर ब्रॅन्टन (१९०२-) व जॉन बर्डीन (१९०८-) या त्याच्या दोन अमेरिकन साधीदारांसह १९४८ साली ट्यूबच्या ऐवजी वापरता येईल अशी एक गोष्ट शोधून काढती.

उदाहरणार्थ, सिलिकॉनसारखी काही घन द्रव्ये खडकाळ वस्तूपासून सहज मिळवता येतात. त्यांची अशा तळेने रचना करायची, की इलेक्ट्रॉन त्पातून सहज प्रवास करू शकतील. ट्यूबमधील इलेक्ट्रॉनचा प्रवाह ज्या प्रकारे नियंत्रित केला जाऊ

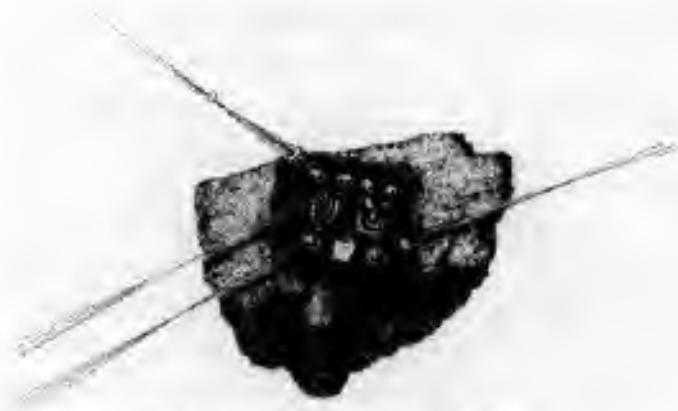


ट्रान्झिस्टरचे काम असे याती

शकतो त्याचप्रमाणे ही घन स्वरूपातील साधने विखुरलेल्या इलेक्ट्रॉन्सना नियंत्रणाखाली ठेवू शकतात. ट्यूब जे काम करू शकते तेच कार्य घन स्वरूपातील साधने करू शकत असतील तर त्यांना ट्रान्झिस्टर असे म्हणतात.

ट्यूबपेक्षा ट्रान्झिस्टरचे अनेक फायदे आहेत. ते घन व मजबूत असल्याने मोठत नाहीत किंवा त्यातून गळतीही होत नाही. फार मोठ्या आकाशातील निवारि नळीची आता आवश्यकता नसल्याने तो ट्यूबपेक्षा लहान असूनही ट्यूबमधून होणारे कोणतेही कार्य करू शकतो. ट्रान्झिस्टरचे कार्य सुरु होण्यासाठी उष्णतेची गरज नसते. त्यामुळे याला ऊर्जेची जवळजवळ काहीच गरज न भासतादेखील याचे काम ताबडतोब सुरु होते.

अर्थात, ट्रान्झिस्टर्स प्रथम विकसित झाले तेव्हा तेही फारसे विश्वासार्ह नव्हते, कारण त्यवस्थितपणे चालण्यासाठी ते नेमके कशा तळेने बसवावेत हे शाखाजांना माहीत नव्हते. लवकरच विश्वासार्ह पद्धतीने चालण्यासाठी काय करावे हे त्यांना कळून



सिलिकॉनच्या तुकड्यावरीत दोन ट्रान्झिस्टर

बुकले, त्याचबरोबर ते अधिक लहान व स्वस्तात बनवण्याचे मार्गऱ्ही त्यांनी शोधले.

संगणकांच्या इतिहासात ट्रान्झिस्टरचा शोध ही एक मोठीच कांतिकारी घटना मानावी लागेल. ज्या वैद्यी केवळ एकमेकांत बसवलेली चाके व दातोरी चाकेव होती, त्या काळी संगणक बनवणे शक्यच नव्हते. एकदा विजेच्या प्रवाहांचा व इलेक्ट्रॉनिक ट्यूबचा शोध लागल्यावर ते बनवणे शक्य झाले; पण तरीही ते अवाढव्य व अत्यंत खर्चिक होते.

ट्रान्झिस्टरच्या शोधामुळे ते लहान व स्वस्तात बनवणे शक्य झाले, वास्तविक संगणकात ट्रान्झिस्टरचा वापर सुरु झाल्यानंतरच ते अधिकाधिक लहान बनवणे शक्य झाले.

## ५ | चिप्स आणि मायक्रोचिप्स

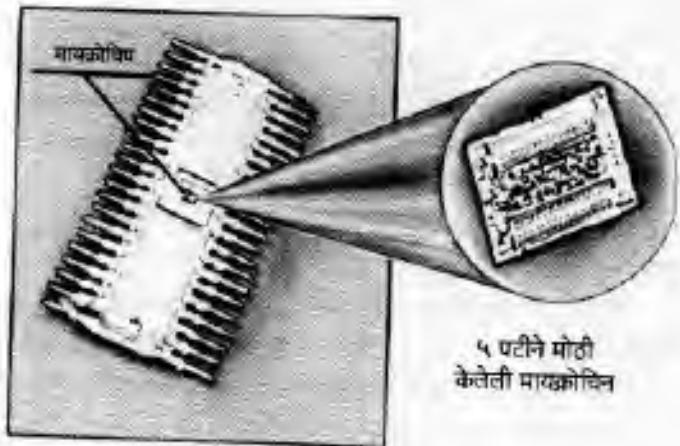
सुरुवातीला सर्व काही लहान बनवण्याची ही किंवा मर्यादितच होती, संगणक पूर्वीच्या पद्धतीनेच बनवले जात असत, फक्त ट्यूब घालण्यारेवजी आता त्यात ट्रान्झिस्टर घालता जात असे व तो बराच लहान असे, शिवाय ट्यूबपेक्षा ट्रान्झिस्टर अधिक जवळजवळ बसवता येत.

याचा परिणाम म्हणून संगणक लहान झाले; पण संगणकात काही ट्रान्झिस्टर ही एकच वस्तू नसते. प्रत्येक ट्रान्झिस्टर इतर अनेक भागांना जोडावे लागतात. ट्रान्झिस्टर आणि इतर भागांचे मिळून एक मंडल किंवा सर्किंट बनते व या मागणी विजेचा प्रवाह जातो. ट्रान्झिस्टर म्हणजे हा प्रवाह सुरु किंवा बंद करणारी बटणे होती, ते काही मंडल पूर्ण करू शकत नव्हते.

याच कारणाने संगणक जरी लहान झाले तरी मंडलांच्या आकाराचे त्यांना बंधन होते, म्हणून ते याहून लहान होऊ शकत नव्हते.

पण १९६० च्या दशकात संपूर्ण मंडल अधिकाधिक लहान कसे बनवावे हे शास्त्रज्ञांच्या लक्षात येऊ लागले.

शुद्ध सिलिकॉनच्या अगदी पातळ अशा लहान तुकड्यांपासून सुरुवात करून त्यात त्यांनी अत्यंत सूक्ष्म प्रमाणात इतर द्रव्यांचे प्रिश्रण केले. या पत्र्यातून अनेक छोटे भाग कोरून काढता येत असत व ते एखाद्या मंडलाच्या स्वतंत्र भागप्रमाणे कार्य करू शकत. हे निरनिराळे भाग धारुंच्या पट्ट्यांनी एकमेकांना जोडता येत असत. त्यामुळे एक संपूर्ण मंडल तयार होई, म्हणजेच संपूर्ण मंडल किंवा सर्किंट सिलिकॉनच्या एका छोट्याशा तुकड्यावर किंवा 'चिप' वर मावे.



५. एटीने मोठी  
केलेली मालळोचिन

हक्कूहक्कू शास्त्रज्ञाना या चिप अधिकाधिक लहान बनवण्यात यशा आले व मायक्रोचिप उदयाला आली. छोट्याशा जागेत अधिकाधिक मंडले बसवणेही त्यांना जमू लागले. अखेर अशी साधने सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली बनवावी लागण्याइतकी लहान झाली.

कालांतराने संगणक आकाराने अतिशय लहान झाले, तरीही एनिआक करू शकत असे त्यापेक्षा किंतीतरी अधिक कामे तो किंतीतरी जलद गतीने करू शके. अर्धात, त्यांची किमतही आता खूपच कमी झाली आहे.

काही थोळ्या रुपयांत आता खिशात ठेवण्यासारखा कॅल्क्युलेटर घेता येतो आणि तो बेरीज, वजाबाकी, गुणाकार, भागाकार इतकेच नव्हे, तर गणितातील अनेक प्रक्रिया क्षणार्थात करू शकतो व त्यासाठी अत्यल्य ऊर्जेची गरज असते.

माइक्रोकडे असा एक खिशातला कॅल्क्युलेटर आहे, त्यात एक विशेष प्रकारची फोटोइलेक्ट्रिक बॅटरी आहे. सूर्यप्रकाशात ही बॅटरी लहान प्रमाणात वीज तयार करते. टैबलावस्थ्या नेहमीच्या दिव्याखाली ठेवून काम केले तर तेवढ्या ऊर्जेवरदेखील कॅल्क्युलेटर चालू शकतो. त्यासाठी त्याला विजेच्या उपकरणाची गरज नाही किंवा त्याची बॅटरीही बदलावी तागत नाही.

माइक्रोकडचा इलेक्ट्रॉनिक संगणक यापेक्षा थोडासाव मोठा आहे, त्याच्या कार्यप्रणालीद्वारे ४० वर्षांपूर्वीच्या एनिआकपेक्षा तो किंतीतरी अधिक गोष्टी जलद गतीने तीलया करू शकतो. शिवाय एनिआकला एक मोठी खोली व ग्रांचंड प्रमाणावरील ऊर्जेची गरज होती; पण माझा संगणक तर कोटाच्या खिशात मावतो.

थोडक्यात सांगायचे तर :

१९५० च्या दशकात अमेरिकन सरकारने करसंकलनासंबंधीच्या नोंदी ठेवण्यासाठी, अण्वस्त्रांशी संबंधित गुंतागुंतीच्या आकडेमोडीसाठी, अंतराळसंशोधनातील रशियाच्या



खिंचातला कॅलक्युलेटर

स्पर्धेसाठी संगणक वापरण्यास सुरुवात केली. त्या वेळी संगणक प्रवडण्यासाठी सरकारकडील निधीचीच मरज होती.

१९६० च्या दशकात मोठ्या उद्योगांनी संगणकांचा वापर सुरु केला, ते आता पूर्वीपिक्षा लहान, स्वस्त व अधिक प्रगत होते. काय विकले आणि विकल घेतले यांचे हिशेब ठेवण्यासाठी व सर्व गुंतागुंतीच्या हिशेबांसाठी ते यांचा उपयोग करत असत.

१९७० च्या दशकात संगणक आणखीच लहान, स्वस्त व अधिक सुधारित होते. मग ते प्रत्येक कार्यालयात वापरले जाऊ लागले. बँकेतील प्रत्येक भरणा, प्रत्येक घेक व प्रत्येक व्यवहाराच्या नोंदी यावर ठेवल्या जाऊ लागल्या. इतर उद्योगांच्यांत कर्मचाऱ्यांच्या पगारविषयक कामासाठी संगणकांचा उपयोग होऊ लागला.

आता २००० च्या दशकात संगणक आणखी लहान, स्वस्त व पूर्वीपिक्षा अधिकच प्रगत झाले आहेत. आता ते घराघरात येऊ लागले आहेत. म्हणून आता आपण घरगुती संगणकांबद्दल बोलू लागलो आहोत.

आताच्या काणी संगणकांदरील खेळ (कॉम्प्युटर गेम्स) घराघरात लोकप्रिय होऊ लागले आहेत. या खेळात लहानशा वस्तू दूरचिन्हणाणीच्या पडद्यावर दिसतात व अगोदर त्यांना दिलेल्या कार्यप्रणालीप्रमाणे गुंतागुंतीच्या क्रिया करतात. व्हिडिओ गेम खेळणारी व्यक्ती त्यांच्या हालचाती एखादी दांडी अथवा बटण याद्वारे नियंत्रित करू शकते. खेळणारी व्यक्ती संगणकातील कार्यक्रमांचा आपल्या हालचालीद्वारे पराभव करण्याचा प्रयत्न करते. उदाहरणार्थ, आपला पाहाव होण्यापूर्वी शात्रूची जहाजे नष्ट करणे दौरै...

बहुतेक सर्व व्हिडिओ गेम्सचे स्वरूप साहस्री अथवा विवेसक असते. कारण त्यातून एक प्रकारचा थरार अनुभवता येतो; पण काही बुद्धीता चालना देणारे खेळही खेलता येतात. घरच्या

संगणकावर बुद्धिवळ खेळण्याची कार्यप्रणाली लाभता येते व खेळादू संगणकावर मात्र करू शकतो. बुद्धिवळाचे काही खेळ तर इतक्या उत्तम दजचि आहेत, की केवळ काही निष्प्रात खेळाहूच संगणकाला यात हरवू शकतात. कदवित अशीही एक वेळ येईल, की बुद्धिवळाचा जागतिक विजेता एखादा संगणकच असेल!

घरातील संगणक काही कायेही करू शकतात. उदाहणार्थ, हे पुस्तक आता संगणकावरच लिहिले जात आहे.

मी टंकलिखित केलेले शब्द एका दूरचित्रवाणीच्या पड्यावर दिसतात. एक पान लिहिल्यावर थांबून मी ते वाचू शकतो, त्यातले काही शब्द किंवा संपूर्ण परिच्छेददेखील परत लिहू शकतो. 'की बोर्ड'वरील एखादे बटण दाबून एखाद-दुसरा शब्द, एखादे संपूर्ण वाक्य किंवा परिच्छेदही काढून टाकू शकतो. तसेच काही बटणे दाबून नवीन शब्द, वाक्य आगर परिच्छेदही लिहू शकतो. परिच्छेदांचा क्रम बदलू शकतो, पृष्ठक्रमांक बदलू शकतो. संपूर्ण पुस्तकातील एखादा शब्द शोधू शकतो किंवा अशुद्ध लेखन झालेल्या शब्दाकडे लक्ष वेधू शकतो.

दुसऱ्या शब्दात सांगायचे तर, संगणकाला योग्य त्या सूचना देऊन माझ्या लिखाणाचे मी पड्यावरच संपादनही करू शकतो.

मी जे काही केले असेल त्यात खाळाखोळीच्या काहीच खुणा राहात नाहीत. पूर्ण झालेते काम पड्यावर स्वच्छ आणि नीटनेटकेच दिसते.

वाटलेच तर लिहिलेली सर्व पाने टंकलिखित केल्याप्रमाणे आपोआप कागदावर छापूही शकतो. फरक इतकाच, की माझ्या टाइप करण्याच्या गतीपेक्षा निदान चौपट तरी गतीने हे काम होते. विशेष म्हणजे, पड्यावर वाचून पाहताना मी जर निष्काळजीपणाने यात काही चुका ठेवल्या नसतील, तर सर्व काही अचूकपणे छापते जाते.



टेलिविजनला जोडलोला लॉप्टॉप्युटरील खेळ

अशा तळेच्या कामाची कार्यप्रणाली, फोनोच्या लहानशा तबकडीसारख्या एका पातळ प्लास्टिकच्या लवचीक चकतीवर नोंदवलेली असते, त्याला सहसा 'फ्लॉपी डिस्क' असे म्हणतात. पहिलावरील सर्व शब्द या तबकडीवर नोंदवलेले असतात. माझ्या एका फ्लॉपीवर टाइप केलेल्या १२५ पानांइतका किंवा या आकाराच्या चार पुस्तकांइतका मजकूर राहतो.

मला बाटल्यास पुस्तकांचा मजकूर छापून न घेता भी फ्लॉपी डिस्कच प्रकाशकांकडे पाठवू शकतो. त्यांच्याकडे यंत्रसामग्री असल्यास ते पत्तोपीवरील मजकूर त्यांच्याकडच्या पडिलावर पाहून त्याचे आणखी संपादन करू शकतात, नाहीतर थेट पुस्तकाच्या स्वरूपात छापूही शकतात.

लवकरच ग्रत्येक घरातील संगणक अनेक प्रकारची उपयुक्त माहिती उपलब्ध असणाऱ्या दूरच्या महासंगणकाला जोडले जातील.

मग, तुमच्या घरातल्या 'की बोर्ड'वर योग्य त्या सूचना नोंदवून, उद्याये हवगामान कसे असेल किंवा त्या वेळच्या ताज्या बातम्या वा घडायोडी काय आहेत, शेअर बाजाराची काय परिस्थिती आहे, नाहीतर क्रिकेट मॅचमध्ये काय घडत आहे; इतकेच नव्हे, तर जवळच्या बाजारातल्या कोणत्या वस्तू आज सवलतीच्या दरात मिळत आहेत हेही तुम्ही जाणून घेऊ शकाल.

जगातल्या सर्व वाचनालयातील माहिती संगणकावर ठेवता येईल, म्हणजे योग्य ते प्रश्न विचारून तुम्हाला हवी ती माहितीही घरबसल्या मिळेल. एखाद्या विषयावरील सर्व पुस्तकांची यादी मिळवता येईल. एखाद्या पुस्तकातील विशिष्ट पाने किंवा एखाद्या विषयावरील पद्धादाव परिच्छेददेखील संगणक तुम्हाला दाखवू शकेल. त्यापैकी महत्वाची अशी काही माहिती तुम्ही कागदावर छापूनही ठेवू शकाल.

असे झाले की संगणक हे एक शिकण्याचे साधन बनेल.



आयडीएक आसिणोव्ह आणि त्याचा संगणक

लहान-धोर कोणीही संगणकाला योग्य ते प्रश्न विचारून व त्याने दिलेल्या माहितीच्या आधारे आपल्या ज्ञानात भर घालू शकेल.

या सवाकिडे पाहता, आपण आपल्याला असा प्रश्न विचारायला हवा, की एक दिवस संगणकच मानवापेक्षा अधिक हुशार होईल का? मानव करू शकतो त्या सर्व गोषी आणि त्याहूनही अधिक काही तो करू शकेल का? प्रत्यक्षात तो माणसाची जागा घेईल का?

बहुधा नाही.

मानवी मेंदूत मुमारे १ अब्ज न्यूरॉन्स म्हणजे चेतापेशी अधवा मज्जापेशी असून, त्यापैकी प्रत्येक इतर अनेकांना जोडलेली असते.

आतापर्यंतच्या कोणत्याच संगणकात इतके भाग नसतात; आणि जरी समजा ते असलेच, तरीही चेतापेशी म्हणजे काही ट्रान्झिस्टरसारखी बटणे नव्हेत, किंवा एखाद्या मंडळाद्वारे तयार झालेला मार्गही नव्हे. प्रत्येक चेतापेशी ही कोट्चवधी गुंतागुंतीच्या रेणूंची बनलेली असते. यातील प्रत्येक पेशी आपण तयार केलेल्या कोणत्याही संगणकापेक्षा अधिक गुंतागुंतीची असते.

संगणक काही गोषी मानवी मेंदूपेक्षा अधिक चांगल्या रीतीने करू शकतो. शंभर वषापूर्वीचे हॉलरिथम खोकाच्या काढाचे यंत्रही काही गणिती समस्या मानवी मेंदूपेक्षा जलद गतीने व जवळजवळ बिनचूकरील्या करत असे.

तथापि, अंतश्चनि, कल्पनाशक्ती, स्वप्नरंजन, निर्मितीक्षमता, समजूत आणि सर्जनशीलता या मानवी मेंदूच्या विशेष क्षमता संगणकाकडे नाहीत; आणि यासाठी आपण संगणकाला विशेष अशी कार्यप्रणालीही देऊ शकत नाही, कारण या क्षमता आपल्याकडे कशा आल्या आणि आपण त्या कशा प्रकारे वापरतो हे आपल्यालाही अद्याप उमजलेले नाही.

उदाहरणार्थ, मी एखादी गोष लिहितो, तेव्हा मला जमेल त्या

गतीने एकामार्गून एक असे शब्द योग्य त्या क्रमाने लिहीत जातो.

हे काम मी संगणकाला कसे काय सांगणार? त्याच्या मेमरीत एक संपूर्ण शब्दकोश जरी घातला, तरीही प्रथम कोणता शब्द लिहायचा, नंतर कोणता व त्यानंतर आणखी काय लिहायचे हे मी त्याला कसे सांगणार? मी जशी एखादी पूर्णपणे नवीन गोष लिहितो, त्यासाठी शब्द शोधून ते कोणत्या क्रमाने यायला हवेत हे मी त्याला कसे दाखवणार? कारण मी नवी गोष कशी लिहितो ते मला तरी कोठे माहीत आहे?

कदाचित यासाठी संगणकाला कशी कार्यप्रणाली द्यायची हे समजेलही, पण ती एवढी गुंतागुंतीची आणि प्रचंड असेल, की तशा प्रकारचा संगणक बनवण्यात काहीच अर्थ असणार नाही. माणसू हे काम स्वतःच सहजपणे करू शकतो.

त्याएवजी आपल्याकडे दोन निरनिराळ्या प्रकारची कोशल्ये असतील : मानवी हुशारी व संगणकाचे कौशल्य. प्रत्येकाला जे कार्य चांगले करता येते ते त्याने करावे आणि एकमेकांशी सहकार्य करावे. कोणाही एकाला जमण्यास कठीण अशा प्रकारचे मोठे कार्य ते एकत्रितरीत्या करू शकतील.

पविष्याचा घोडासा विचार करून पहा; मानव व संगणक एकमेकांच्या सहकायने विस्मयजनक कार्य करू शकतील.

एक दिवस असाही उजाडेल, की विश्वाचे रहस्य उलगडण्यासाठी जेव्हा माणसांना संगणक हा मित्र व सहाय्यक नव्हता, त्या दिवसांची कल्पनादेखील त्याला करवणार नाही.

आणि तोपर्यंत जर संगणकांना विचार करता आला, तर ज्या गोषी त्यांना करता येत नाहीत, त्यासाठी मानवप्राणी अंदाज बांधून आपली कल्पनाशक्ती कशी लढवू शकतो, याचा त्यांनाही विस्मय वाटेल.

शिकायची आणि शिक्कायची आवड असणाऱ्या  
प्रत्येकासाठी दसेव मुलांचे कौशल्य बढविणारी  
मनोविकास प्रकाशनची पुस्तक

आपले विश्व	खेळ खेळूया विज्ञानाचे
आनंद घेसास	(भाग १ ते ३)
मूळ : ₹ १५०	आनंद घेसास
—	मूळ : प्रत्येकी ₹ ५०
आपली सूर्यमाला	—
आनंद घेसास	युवा-विज्ञान कुतूहल
मूळ : ₹ १५०	(भाग १ ते ३)
—	आनंद घेसास
दुर्बिणी आणि वेघशाळा	मूळ : प्रत्येकी ₹ ८०
आनंद घेसास	—
मूळ : ₹ १५०	निर्मितीचं आकाश
—	इयत्ता तिसरी ते आठवीच्या
डार्विनचे अल्टमचरित्र	विद्यार्थ्यांसाठी
अनुचाद, सविता घाटे	रेणू दाढेकर
मूळ : ₹ ५०	मूळ : ₹ ५०
—	—
यनिस्को	वैज्ञानिक प्रकल्प
विज्ञान शाळेतले विज्ञान घरातले	भालचंद्र मधेकर
भास्कर धोंहो केशव कर्वे	मूळ : ₹ ८०
मूळ : ₹ १७०	—
—	प्रयोगशाळेशिवाय
मुलांसाठी मेडिकल	विज्ञान प्रयोग
जनरल नॉलेज (भाग १ ते ५)	भालचंद्र मधेकर
डॉ. जगन्नाथ दीक्षित	मूळ : ₹ ७०
मूळ : ₹ ३५०	—